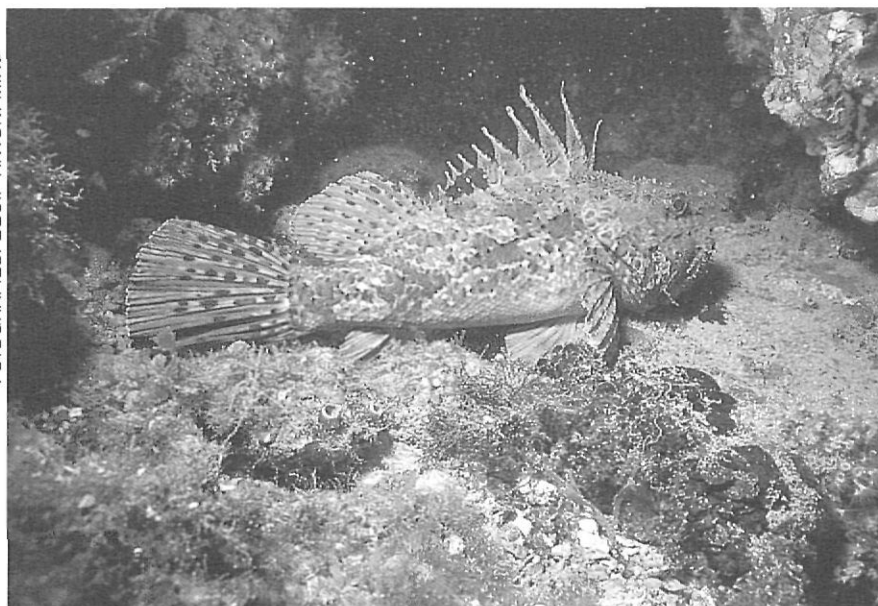


FOTOGRAFIES: EQUIP ANTONI MIRÓ



Cap Roig, *Escórpora roja* (*Scorpaena scrofa*)

# Adaptacions dels peixos al seu ambient

RAMON MORENO  
CARLES PLA

**A** la Mediterrània es coneixen unes 450 espècies diferents de peixos, de les quals unes 250 espècies no són difícils de trobar als nostres mercats, aquaris o simplement practicant l'escafandisme o la pesca esportiva a les costes catalanes.

Correntment es coneix per peixos els «vertebrats de sang freda que respiren per brànquies». Tanmateix, dins d'aquesta definició es podrien incloure, pel cap baix, tres grans grups tan diferents zoològicament entre si com ho són les aus dels mamífers. Aquests tres grups són: *els ciclòstoms* (les llampreses), *els condrictis* (taurons, rajades, tremoloses, etc.) i *els osteictis* (els peixos habituals en el mercat). De fet, només els dos darrers grups són comunament coneguts per la gent, i

a ells ens referirem en el present article.

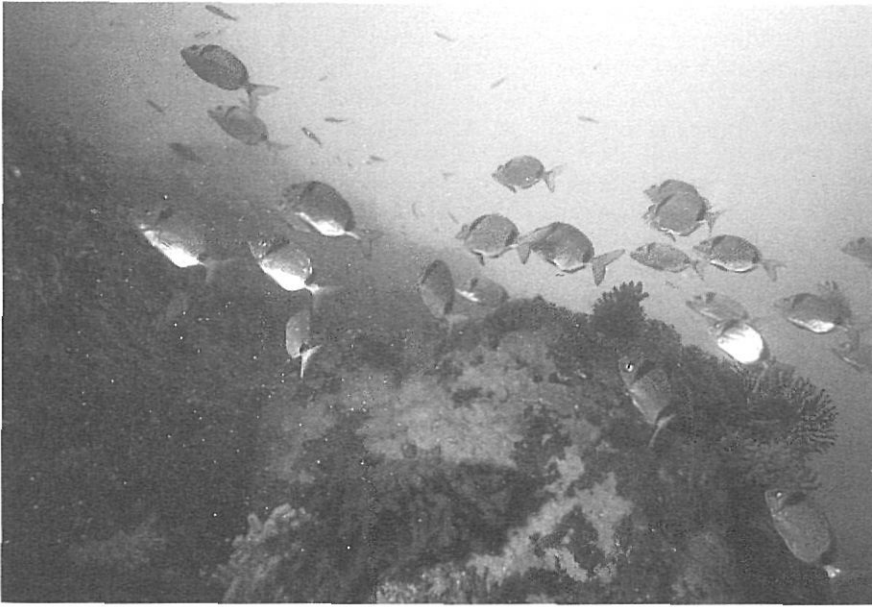
A grans trets, els osteictis (mot que significa «peixos ossis») es caracteritzen per presentar un esquelet ossificat (calcificat), obertures branquials cobertes per un opercle (les ganyes), aletes amb radis que sustenten una membrana, pell recoberta normalment d'escates i bufeta natatòria. Els condrictis (mot que significa «peixos cartilaginós») es caracteritzen per presentar un esquelet cartilaginós (no calcificat), obertures branquials sense opercle (sense ganyes) de les quals una pren una posició dorsal (espiracle), aletes rígides sense raids, no presenten bufeta natatòria i la pell no està recoberta d'escates tot i que algunes espècies presenten petits denticles dèrmics.

Tanmateix, una característica comuna a tots els peixos és la presència d'aletes. Es diferencia, però, entre aletes imparelles i aletes parelles. Les primeres, situades sobre el pla sagital (vertical-longitudinal) i per darrera del centre de gravetat, són la dorsal (tot i que pot haver-n'hi fins a tres), l'anal (pot haver-n'hi fins a

dues) i la caudal. Les segones, que es disposen aparellades una a cada costat del cos, són les pectorals (per davant del centre de gravetat) i les ventrals (generalment per darrera d'aquest), homòlogues dels nostres braços i cames, respectivament. Les seves funcions estan relacionades amb la propulsió i el control del moviment i de l'equilibri, per tal d'assegurar un desplaçament segons la trajectòria desitjada. Més endavant en farem una anàlisi més detallada.

D'altra banda, des del punt de vista ecològic i en funció del tipus de vida distingim de forma general entre *peixos pelàgics* (aquells que viuen a mar obert i que són bons nedadors), *peixos bentònics* (aquells que viuen en contacte amb el fons), i *peixos demersals* (aquells peixos nedadors que viuen prop del fons i que en depenen pel que fa sobretot a llur alimentació).

En el que segueix es dona una repassada a la forma i colors dels peixos, els sistemes de natació i les funcions de les aletes, en un intent de mostrar, a grans trets, la relació que aquestes característiques tenen amb l'hàbitat on viu cada espècie.



Verada (*Diplodus vulgaris*)

### ELS PEIXOS PELÀGICS

#### La forma del cos

Sens dubte els peixos pelàgics, amb llur forma hidrodinàmica, són els animals més ben adaptats a moure's dins de l'aigua. Àdhuc altres vertebrats que tenen el medi aquàtic com el seu hàbitat habitual han adoptat formes semblants a les d'aquests peixos. Evidentment no ha estat una qüestió de voluntat o imitació el que ha portat a aquestes convergències morfològiques, sinó la selecció natural que el medi exerceix sobre els ésser vius, seleccionant els més ben adaptats. En certa manera, i a títol d'exemple, és un procés anàleg al que actua sobre la forma dels automòbils, en què el mercat demana selectivament els més aerodinàmics perquè el seu rendiment energètic és superior, forçant que els fabricants treguin al mercat nous models amb coeficients aerodinàmics cada cop més baixos.

Són els grans nedadors que es desplacen incasablement recorreguent llargues distàncies els que tenen un cos que s'assembla més a l'ideal hidrodinàmic. El millor exemple és la tonyina. El seu cos és fusiforme, amb una secció transversal gairebé circular, amb l'alçada i amplada màximes a una distància de l'extrem anterior d'un 36% de la longitud total. Es tracta d'una forma en doble con, on el morro té una línia d'atac prima i el peduncle caudal té poc diàmetre.

Aquesta forma minimitza la resistència provocada per la turbulència que es produeix en moure's un cos dins de l'aigua, i més si tenim en compte que es tracta d'un cos flexible que accelera les partícules d'aigua cap enrera mitjançant els moviments natoris de l'aleta caudal.

#### Les funcions de les aletes

En general, en els peixos pelàgics, la caudal té com a funció bàsica la propulsió. La natació consisteix en un moviment pendular de la part posterior del cos, que es tradueix amb cops de cua a un i altre costat. La presència de l'aleta caudal a l'extrem de la cua augmenta considerablement la superfície mòbil del cos que orientada obliquament cap enrera exerceix una pressió constant sobre l'aigua.

Les aletes situades per darrera del centre de gravetat —dorsal, anal i ventrals— tenen com a funcions bàsiques impedir les desviacions laterals respecte de la trajectòria (el que en terminologia nàutica s'anomena guinyada) així com els moviments de balanceig lateral. Alguns túnids i caràngids (tonyines, bonítol, etc.) presenten a més pínules que a manera de petites aletes es disposen sobre la carena dorsal i ventral, a continuació de la dorsal i anal, ocupant tot l'espai de la cua fins a la caudal. A més, les ventrals, atesa la seva disposició a banda i banda del cos per darrera del centre de gravetat, tenen com a fun-

ció principal la de contrarestar les desviacions en el pla vertical (caboteig, en terminologia nàutica).

El paper de les pectorals, situades sempre per davant del centre de gravetat, és el timó. En aquesta posició tan avançada, tan sols un lleuger moviment provoca ràpidament un caboteig o una guinyada, que degudament controlats permeten dirigir la direcció del desplaçament.

En resum, la disposició de les aletes imparelles i de les ventrals converteixen el peix en una «fletxa emplomada», assegurant-li una trajectòria rectilínia, i les pectorals actuen de timó. No obstant, això, hi ha diferències entre condrictis i osteictis.

En els condrictis concorren dues circumstàncies particulars. Per una part, les aletes són rígides, no es poden plegar i els seus moviments són reduïts. I per una altra, no tenen bufeta gasosa, per la qual cosa estan impossibilitats de mantenir una posició estàtica entre dues aigües, ja que, tot i que algunes estructures tendeixen a alleugerar pes (esquelet cartilaginós, fetge gran amb gran quantitat de grasses i hidrocarburs), hi ha una tendència contínua a enfonsar-se.

En les espècies pelàgiques d'aquest grup, els esqualiformes (taurons i similars), les aletes, a més de servir per controlar l'equilibri i la direcció del moviment, han de contribuir a la sustentació del cos, juntament amb d'altres estructures corporals. Així la grandària i disposi-

ció de les pectorals i un aplanament dorso-ventral del rostre (un cas extrem n'és el peix martell) provoquen forces de sustentació a la part anterior del cos, mentre que a la part posterior els moviments propulsors provoquen una força de sustentació gràcies a l'anal prop de la cua i al lòbul inferior de la cua asimètrica (heterocerca). Aquest sistema implica, però, que el peix ha d'estar nedant continuament per a no enfonsar-se.

El problema és diferent en els osteictis, ja que la possessió de bufeta natatòria els allibera de la tendència a l'enfonsament i possibilita la permanència a una profunditat determinada en una posició estacionària amb un mínim de moviments de les aletes. En aquestes condicions la caudal és simètrica (homocerca) com a conseqüència que, com les altres aletes, queda alliberada de la funció sustentadora, i les aletes parelles serveixen per a maniobrar dins de l'aigua.

El fet que les aletes quedin alliberades de la funció sustentadora i que el peix no hagi de nadar continuament per no enfonsar-se ha permès una major versatilitat en el seu ús. Les pectorals s'utilitzen ara també com a frens. A tal fi estan en una posició més elevada i el seu pla d'expansió és vertical, la qual cosa provoca la frenada i una lleugera força de sustentació que tendeix a elevar el peix quan aquest s'atura; si les pectorals estan força endavant es provoca també un lleuger caboteig cap a baix. Ambdues conseqüències

no desitjables, elevació i caboteig, són contrarestades per les ventrals.

Així trobem que en els peixos més llargs com més amunt i més endavant del centre de gravetat estan les pectorals, més endarrera ho estan les ventrals. En els peixos més curts les pectorals estan molt a prop del centre de gravetat i les ventrals es situen quasi a sota de les pectorals, impedit tot moviment ascensorial en frenar.

Com ja havíem dit abans, les ventrals en posició endarrerida també contribueixen a contrarestar el balanceig, de tal manera que com més avançades o modificades estan les ventrals (és a dir, com menys eficients són per a contrarestar el balanceig), més desenvolupades (duplicades, triplicades o allargassades) són les aletes dorsal i anal, com és el cas de la molla i similars (els gàdids).

En els exocetids (peixos voladors), com és d'esperar, succeeix tot el contrari. Les pectorals s'utilitzen per planejar fora de l'aigua, per la qual cosa són molt llargues (80% de la longitud total del cos) i estan molt elevades i molt endavant, alhora les ventrals són també llargues i molt endarrerides, aconseguint-se la magnificació de qualsevol moviment ascensional. Àdhuc la caudal és asimètrica, amb el lòbul inferior més desenvolupat.

Aquests peixos quan se senten amenaçats salten fora de l'aigua i planegen. Per llançar-se fora de l'aigua han d'aconseguir una velocitat alta de prop de 35 Km/h i desple-

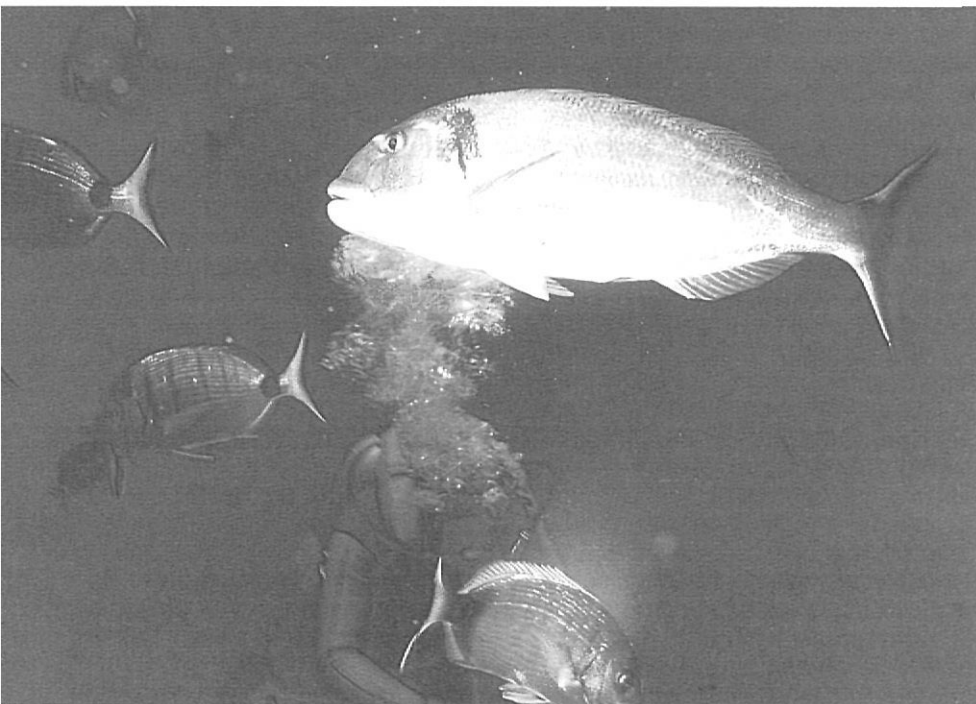
gar les pectorals. L'eix del cos s'inclina uns 15 graus, aixecant el cap i sortint de l'aigua. Quan s'ha assolit una alçada adequada es despleguen les ventrals que eleven al part posterior del cos, sortint també la cua. En pocs segons es perd velocitat i altura i es torna a caure al mar. No obstant això, pot plegar les ventrals, fent baixar la punta inferior de la caudal dins de l'aigua, donar-se nou impuls i planejar un tram més.

## ELS PEIXOS BENTÒNICS I DEMERSALS

La vida prop del fons, especialment la bentònica, porta associada uns hàbits alimentaris diferents, amb unes estratègies de captura de preses que no requereixen la persecució d'altres peixos sinó simplement l'aguait, degudament dissimulat, o la recerca d'invertebrats o algues en el fons. Aquest tipus de vida no requereix una gran eficàcia natatòria. Es sacrifica aquesta a canvi d'altres adaptacions que augmenten l'eficiència depredadora o la defensa activa o passiva.

### L'evolució dels condriactis

En els condriactis es pot observar com en llur evolució s'han escindit en dues branques: una pelàgica (els esqualiformes) i una bentònica (els rajiformes: rajades i tremoloses). Segos sembla, durant el Pèrmic avançat i el Triàsic hi havia en els mars un nombre reduït de peixos que poguessin servir d'aliment i els condriactis primitius havien de menjar invertebrats que capturaven en el fons. Aquells taurons presentaven característiques semblants als actuals esqualiformes de fons: dorsal i anal retardades, cua recta amb el lòbul inferior de la caudal ben desenvolupada, i una dentició heterodonta (mista amb dents punxagudes al davant i aplanades al darrere) adaptada a una dieta a base d'invertebrats.



*Orada* (*Sparus auratus*)





*Sard imperial*  
*Diplodus cervinus*)

Quan al Juràsic el nombre de peixos marins va augmentar, alguns d'aquests taurons heterodonts varen adoptar una vida pelàgica, convertint-se en homodonts (només dents punxagudes en tota la mandíbula, com adaptació a una dieta ictiofaga) i diversificant-se en les nombroses formes carnívores actuals, els esqualiformes. Però d'altres es varen especialitzar encara més en la vida bentònica, donant lloc als actuals rajiformes.

Així com en els esqualiformes es pot observar una gradació en l'evolució cap a formes pelàgiques, en la qual s'han anat adoptant formes cada cop més semblants a l'ideal hidrodinàmic, en els rajiformes l'evolució ha portat cap a formes on una extensió de la part del cos juntament amb una expansió i fusió de les aletes pectorals han delimitat formes cada cop més deprimides (aplanades dorso-ventralment).

A causa del procés de depressió, la boca i les obertures branquials

queden a la cara ventral, en aquest sentit els espiracles prenen una posició dorsal que permet l'entrada d'aigua cap a les brànquies (que normalment té lloc per la boca) evitant així que aquestes puguin quedar col·lapsades per sorra o llot del fons. Com a adaptació a la vida bentònica, cada cop més, els desplaçament són controlats pels moviments ondulatoris de les pectorals, el que ha comportat un avançament de les ventrals i un retardament de les dorsals.

No obstant això, alguns rajiformes han adoptat secundàriament una vida pelàgica (àguila marina, manta). En aquest procés s'observa una paulatina reducció de l'anal i el lòbul inferior de la caudal fins a convertir-se en un llarg filament que actua de balanci per equilibrar els moviments de les pectorals a manera d'ales. Els ulls es tornen a disposar a ambdós costats del cap i els espiracles dorsals estan molt reduïts, tal com succeeix en els condriactis típicament pelàgics.

## La radiació adaptativa dels osteictis

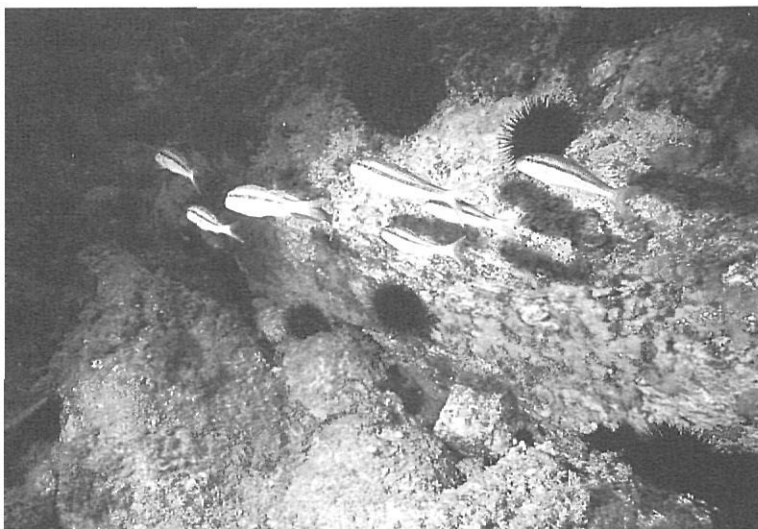
En els osteictis no es poden establir dues línies evolutives tan clares com en els condriactis, però sí reconèixer característiques morfològiques que corresponen a una adaptació a la vida bentònica: formes del cos que difereixen de la forma hidrodinàmica, transformació de les aletes parelles que passen a realitzar altres funcions, adquisició d'òrgans defensius passius (espines verinoses, òrgans elèctrics, etc.), presència de barbillons tàctils, etc. Aquesta evolució els ha permès de colonitzar tots els hàbitats bentònics.

Si analitzem la forma del cos, sembla com si les diferents morfologies s'haguessin aconseguit a partir de la forma hidrodinàmica per aplanament del cos i per allargament o escursament segons l'eix longitudinal (cal remarcar que és només una impressió sense connotacions evolutives).

En general, les formes aplanades viuen semienterrades en el fons. L'aplanament pot ser el resultat de dos processos diferents: un és l'aplanament dorso-ventral que dona lloc a formes deprimides, i l'altre és l'aplanament lateral que dona lloc a formes comprimides. Les formes deprimides no són freqüents en els peixos ossis i potser l'únic cas remarkable sigui el del rap. Com en el cas dels rajiformes, aquests peixos descansen sobre el seu ventre.

Per altra part les formes comprimides són típiques dels peixos ossis, com ho demostra el gran nombre d'espècies de l'ordre dels pleuronectiformes (llenguados, rêmols, pelaies i afins). Aquests peixos, sorprenentment, descansen sobre un dels seus costats.

En efecte, els alevins dels pleuronectiformes tenen l'aspecte d'un peix normal. Més tard, durant el seu desenvolupament, té lloc la compressió del cos, alhora que un dels ulls migra cap a l'altre costat, assolint l'aspecte de l'adult i adoptant els hàbits bentònics. En aquests peixos la propulsió té lloc per l'ondulació

Roger de roca (*Mullus surmuletus*)Corball (*Sciaena umbra*)

progressiva, de davant cap endarrera, de les aletes imparelles.

L'allargament segons l'eix longitudinal dona lloc a formes serpentiniformes tals com la de l'anguila, el congre o la morena, per citar els més coneguts. En aquestes espècies la natació té lloc per ondulació progressiva de tot el cos amb uns moviments que recorden els de les serps. Aquest tipus de natació és molt adequat per als moviments en el fang i entre les roques (i més si tenim en compte que es pot invertir el sentit de les ondulacions i per tant de l'avanç). En aquestes espècies, les aletes dorsal i anal s'estenen sobre unes tres quartes parts de la longitud del cos fins a ajuntar-se amb l'anal. En aquestes circumstàncies les ventrals perden tota funcionalitat, amb el que no és d'estranyar que hagin desaparegut en aquestes formes. Àdhuc, en les morenes han desaparegut les pectorals.

Fixant-nos en les transformacions de les aletes parelles trobem que la major part d'aquestes afecten les ventrals i molt poques les pectorals, a causa sens dubte de la major importància de la funció d'aquestes últimes, el que les fa més necessàries. Però en els trígids (lluernes, garneus, birets i afins) els tres primers radis de les pectorals són lliures (no estan units per membranes) i sembla que poden ser utilitzats per «caminar» pel fons, arrossegant-se sobre les ventrals, alhora que tenen una funció quimiorreceptora (semblant a l'olfacte) per a la detecció de preses del fons. En aquestes espè-

cies la part restant de les pectorals té les funcions usals.

Pel que fa a les ventrals les transformacions són més profundes, i són en dos sentits: convertint-se en filaments o ventoses. En el primer cas, a més, es disposen en una posició avançada. En els blènnids (pixotes) estan molt avançades i prenen l'aspecte i funció quimiorreceptora de barbillons. Pel que fa al segon cas, en els callionímids (llangardaixos) i gòbids (gòbits) les ventrals s'han soldat formant una mena d'embut que els facilita el repós i enterrament en el fons. En el gobiesòcids (aixafarques) les ventrals formen una veritable ventosa de succió que els permet adherir-se a les roques en llocs batuts per les onades.

També en algunes espècies les aletes imparelles estan transformades. Així tenim que en el rap el primer radi de la dorsal és lliure i presenta un plomall al seu extrem que fa d'esquer per atraure a les seves preses. I en la rêmora, la primera dorsal està transformada en una ventosa que utilitza per adherir-se a altres peixos o cetacis (àdhuc vaixells), que així la transporten. Pel que fa a l'anal, són rars els casos de transformació. En alguns oecilids (uns peixos d'aigua dolça) el primer radi de l'anal del mascle es transforma en un gonopodi que durant la reproducció actua de canal per on passen els espermatòfors. I, finalment, la caudal es troba transformada en cua prènsil en els cavallets de mar, amb la qual s'agafen a les fulles de posidònia.

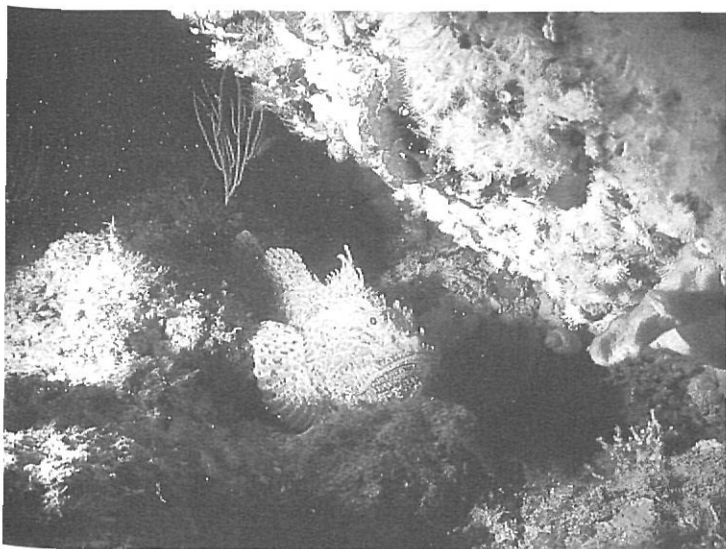
## LA COLORACIÓ

La coloració té com a funció la de fer passar inadvertit el peix (coloració críptica), o bé la de fer-lo molt visible com advertència de perill (coloració aposemàtica), o per a fins reproductors (coloració epigàmica) diferenciant ambdós sexes.

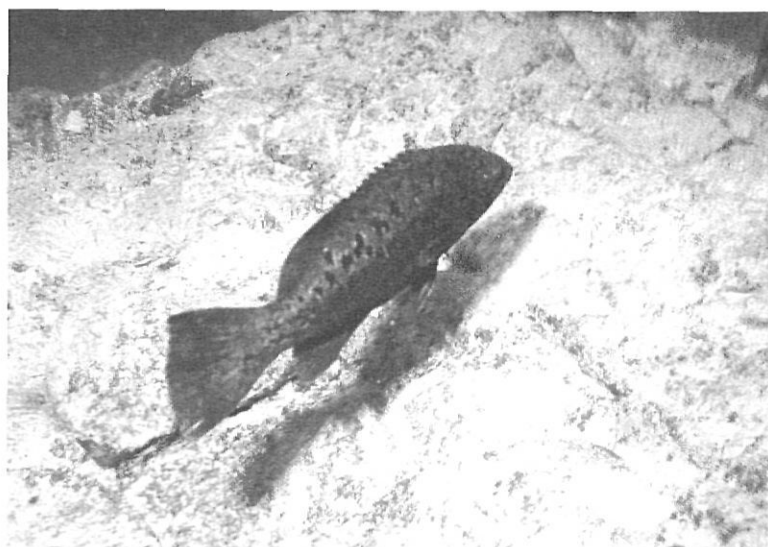
La coloració críptica pretén que el peix sigui confós amb el substrat que té al darrera. Aquest efecte s'aconsegueix fonamentalment de dues maneres: adoptant el mateix color que el substrate (homocromia) o desdibuixant el contorn visual del cos (coloració disruptiva).

L'homocromia la dona la coloració de base. S'ha de dir que el color d'un objecte està en relació amb el tipus de radiació que reflecteix, i que l'aigua fa de filtre de les radiacions lluminoses, de tal manera que la banda del roig és absorbida en els primers metres i la banda del blau-violeta és la que més profundament penetra. En aquestes condicions, a profunditat, els colors vermellorsos (per exemple) apareixen simplement com colors foscos.

En general, els peixos pelàgics solen presentar colors llisos blaus o blau-verdorsos semblants als colors que té l'aigua a altamar. No obstant això, la coloració no és homogènia sinó que el dors és fosc i el ventre clar (normalment argentat), aconseguint-se així un contraombrejat que elimina les ombres. A més el peix es confon amb el fons quan és vist des de sobre i amb la claror de la superfície quan és vist des de sota.



Cap roig, Escòrpora roja (*Scorpaena scrofa*)



Nero bord *Epinephelus alexandrinus*)

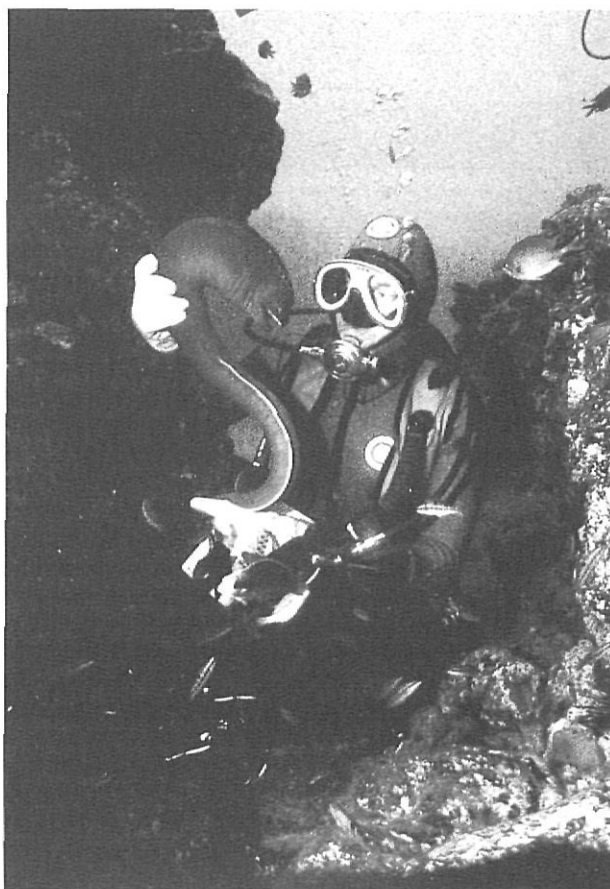
Els peixos costaners com els espàrids presenten una coloració argenta que reflecteix bé la lluminositat del seu hàbitat, fent-los passar inadvertits.

La coloració disruptiva es basa en la descomposició mitjançant bandes o grans taques de diferent color, de la unitat del contorn corporal, fent que parts d'aquest vagin a integrar-se visualment com a elements del fons, sense imitació formal d'un objecte concret. Aquest tipus de coloració se sobreposa a l'homocròmica de fons. En els pelàgics, ho trobem en els verats, que solen presentar bandes transversals al dors que desfan la silueta a les aigües superficials. En els peixos costaners que tenen forta relació amb un substrat d'algues, coralls o praderies de posidònia (com els espàrids: dèntol, sar, saupa) hi trobem bandes verticals fosques o horitzontal.

Els bentònics i demersals presenten colors foscos amb dominància dels grisos, marrons o vermells, en una coloració irregular amb taques, on la coloració disruptiva té molta importància. Així, els colors uniformes marronosos o pigallats són típics d'espècies que viuen en fons de sorra com el gat, la rata, el rap, les tremoloses i les rajades. Els colors vermellosos i més cridaners, sovint amb nombroses taques irregulars més fosques o clares, són pròpies d'espècies de fons rocosos amb algues i anfractuositats, com els làbrids (tord, petarc, music, etc.), escorpènids (escòrpora, rascassa), blènnids (bavoses), etc.

Tot i això, l'adaptació més perfecta és la del camuflatge mitjançant l'adopció de la tonalitat de l'entorn en canviar de substrat, imitant el color i textura d'aquest, en alguns casos de manera molt més eficient que el

camaleó. Aquest és el cas d'alguns llenguados i pelaies. A més, aquests peixos plans en posar-se a descansar s'instal·len en el fons, sacsejant el cos i les aletes per cobrir-se amb una lleugera capa de sediment,



Morena (*Muraena helena*)





*Estudiants (Anthias anthias) i Morena (Muraena helena)*



*Nero (Epinephelus quaza)*

deixant només a la vista un parell d'ulls vigilants.

Altres estratègies, sobretot en espècies bentòniques, consisteixen en l'homotípia, és a dir, imitar un objecte del seu hàbitat que no interressi als seus enemics, com algues, fulles de posidònia, rocs, etc. Aquest és el cas de les agulletes i cavallets de mar, que sovint es disposen verticalment entre les fulles de posidònia o entre les branques de gorgònies. O el de les escòrpores i rascasses, en què la coloració disruptiva ve potenciada per la presència de nombrosos apèndixs cutanis que desfan encara més el perfil del cos, que es confon amb un substrat recobert d'algues.

Finalment, el mimetisme és un tipus especial d'homotípia, en què una espècie inofensiva s'assembla a una altra que és verinosa, desagradable o que està protegida dels seus

enemics d'alguna altra manera. La semblança pot ser formal, de coloració o de conducta. Normalment l'espècie perillosa presenta una coloració aposemàtica que avisa el depredador del perill d'atacar-la.

El cas més conegut és el del llenguado comú i les aranyes de mar. Es dona el cas que els joves llenguados es desenvolupen en badies arenoses on hi viu també l'aranya, i que els adults viuen en aigües més profundes en els mateixos fons que l'aranyó. Les aranyes posseeixen espines verinoses en els opercles i a la dorsal i tenen el costum de descansar semienterrades a l'arena. En ser perturbades, eleven les espines dorsals que estan unides per una membrana de color negre que les caracteritza. La visió d'aquesta és un avís per un intrús experimentat. En circumstàncies semblants el llenguado adverteix elevant la seva aleta

pectoral, que també és negra, aconseguint així protegir-se dels seus enemics.

Un cas semblant es produeix entre la tremolosa *Torpedo marmorata* que produeix descàrregues elèctriques als seus agressors i que presenta cinc ocells (taques semblants a ulls) al dors, i el llenguado ocellat (*Solea hexophthalma*) que viu també semienterrat en els mateixos fons, i presenta sis ocells semblants als de la tremolosa.

Ramon Moreno i Carles Pla són doctors en Biologia i professors del C.U.G., Laboratori d'ictiologia.